



#2  
BT  
10-23-01

**PATENT APPLICATION**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of

Tomoo HIROTA

Appln. No.: 09/867,634

Group Art Unit: 2123

Confirmation No.: 7167

Examiner: Unknown

Filed: May 31, 2000

For: DESIGN VARIABLE OPTIMIZATION SYSTEM AND DESIGN VARIABLE  
OPTIMIZATION METHOD

**RECEIVED**  
AUG 10 2001  
Technology Center 2100

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**


Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to  
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to  
acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

SUGHRUE, MION, ZINN,  
MACPEAK & SEAS, PLLC  
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20037-3213  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

  
\_\_\_\_\_  
J. Frank Osha  
Registration No. 24,625

Enclosures: Japan 2000-166276

Date: August 8, 2001

Tamoo Hirota  
09/867,634  
5/31/01  
Q64771



本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 6月 2日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-166276

出 願 人  
Applicant(s):

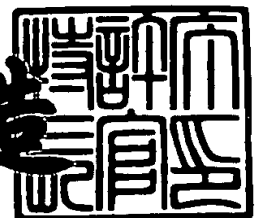
住友化学工業株式会社

RECEIVED  
AUG 10 2001  
Technology Center 2100

2001年 5月18日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3040823

【書類名】 特許願

【整理番号】 P151581

【提出日】 平成12年 6月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H06F 17/10

【発明者】

    【住所又は居所】 千葉県市原市姉崎海岸 5 の 1 住友化学工業株式会社内

    【氏名】 広田 知生

【特許出願人】

    【識別番号】 000002093

    【氏名又は名称】 住友化学工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100088155

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

    【識別番号】 100089978

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092657

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

    【識別番号】 100114270

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 黒川 朋也

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 設計変数最適化システム及び設計変数最適化方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 設計変数を変化させることにより性能が変化する設計対象物に関し、一定の評価基準に従って複数の設計変数の中から特定の設計変数を決定する設計変数最適化システムにおいて、

前記複数の設計変数それぞれを用いた場合における前記設計対象物に関する解析を行うとともに、前記解析の結果に基づいて前記複数の設計変数それぞれを用いた場合における前記設計対象物の性能を評価する性能評価値を算出する性能評価値算出手段と、

前記性能評価値算出手段によって算出された複数の性能評価値それぞれと前記一定の評価基準とに基づいて、前記複数の設計変数の中から前記特定の設計変数を決定する設計変数決定手段と、

前記性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と前記解析の終了時刻とが一定の関係を満たすように、前記性能評価値算出手段における前記解析の終了時刻を決定する解析終了時刻決定手段と

を備えることを特徴とする設計変数最適化システム。

【請求項 2】 前記解析終了時刻決定手段は、

前記性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と前記解析の終了時刻との差が予め定めた一定値となるように、前記解析の終了時刻を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の設計変数最適化システム。

【請求項 3】 前記性能評価値算出手段によって行う前記設計対象物に関する解析は、前記設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の設計変数最適化システム。

【請求項 4】 設計変数を変化させることにより性能が変化する設計対象物に関し、一定の評価基準に従って複数の設計変数の中から特定の設計変数を決定する設計変数最適化方法において、

前記複数の設計変数それぞれを用いた場合における前記設計対象物に関する解析を行うとともに、前記解析の結果に基づいて前記複数の設計変数それぞれを用

いた場合における前記設計対象物の性能を評価する性能評価値を算出する性能評価値算出ステップと、

前記性能評価値算出ステップにおいて算出された複数の性能評価値それぞれと前記一定の評価基準とに基づいて、前記複数の設計変数の中から前記特定の設計変数を決定する設計変数決定ステップと、

前記性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と前記解析の終了時刻とが一定の関係を満たすように、前記性能評価値算出ステップにおける前記解析の終了時刻を決定する解析終了時刻決定ステップと  
を備えることを特徴とする設計変数最適化方法。

【請求項 5】 前記解析終了時刻決定ステップは、

前記性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と前記解析の終了時刻との差が予め定めた一定値となるように、前記解析の終了時刻を決定することを特徴とする請求項 4 に記載の設計変数最適化方法。

【請求項 6】 前記性能評価値算出ステップにおいて行う前記設計対象物に関する解析は、前記設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションである

ことを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の設計変数最適化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、設計変数を変化させることにより性能が変化する設計対象物に関し、一定の評価基準に従って複数の設計変数の中から特定の設計変数を決定する設計変数最適化システム及び設計変数最適化方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

設計変数を変化させることにより性能が変化する設計対象物に関し、一定の評価基準に従って複数の設計変数の中から特定の設計変数を決定する設計変数最適化システムが知られている。かかる設計変数最適化システムは、一般的には、複数の設計変数それぞれを用いた場合の設計対象物に関する一定時間の解析（シミ

ュレーション)を行うとともに、当該解析の結果に基づいて上記複数の設計変数それぞれを用いた場合における設計対象物の性能を評価する性能評価値を算出する性能評価値算出部と、性能評価値算出部によって算出された複数の性能評価値それぞれを上記一定の評価基準に当てはめることにより、上記複数の設計変数の中から最適な設計変数を決定する設計変数決定部とから構成される。

### 【0003】

例えば設計対象物として自動車のピラーを設計する場合を考える。自動車のピラーは、ピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔などの設計変数を変化させることにより、内面衝突安全性能が変化する設計対象物となる。すなわち、設計変数最適化システムにおいて、当該自動車のピラーを設計する場合、上記性能評価値算出部が、まず、ピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔などをいろいろな値に変化させた複数の設計変数(の組み合わせ)それぞれを用いた場合の衝突物(人間の頭部)の一定時間内の加速度の時間変化をシミュレーションによって算出する。上記性能評価値算出部は、さらに、当該算出された加速度の時間変化を用いて、自動車のピラーの内面衝突安全性能を評価する性能評価値であるHIC(d)値を算出する。また、設計変数決定部は、上記性能評価値算出部によって算出された複数のHIC(d)値それぞれを比較し、HIC(d)値が最小となるようなピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔などの組み合わせを最適な設計変数として決定する。

### 【0004】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記従来の技術にかかる設計変数最適化システムは、以下に示すような問題点があった。すなわち、上記従来の技術にかかる設計変数最適化システムにおいては、複数の設計変数それぞれを用いた場合の設計対象物の性能を評価する性能評価値それぞれを算出するために、複数の設計変数それぞれを用いた場合の設計対象物に関する解析を一律に一定時間だけ行っていた。しかし、設計対象物に関する解析結果は、複数の設計変数それぞれによって異なる場合が多く、従って、上記性能評価値の算出に必要とされる解析時間も、複数の設計変数それぞれによって異なる場合が多い。その結果、設計対象物に関する解析を一律に一定

時間行くとすれば、上記性能評価値の算出に必要とされない時間までも設計対象物に関する解析を行うこととなり、設計変数の決定に長時間を要することになる。

【 0 0 0 5 】

そこで本発明は、上記問題点を解決し、短時間で設計変数を決定することができる設計変数最適化システム及び設計変数最適化方法を提供することを課題とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の設計変数最適化システムは、設計変数を変化させることにより性能が変化する設計対象物に関し、一定の評価基準に従って複数の設計変数の中から特定の設計変数を決定する設計変数最適化システムであって、上記複数の設計変数それぞれを用いた場合における上記設計対象物に関する解析を行うとともに、上記解析の結果に基づいて上記複数の設計変数それぞれを用いた場合における上記設計対象物の性能を評価する性能評価値を算出する性能評価値算出手段と、上記性能評価値算出手段によって算出された複数の性能評価値それぞれと上記一定の評価基準とに基づいて、上記複数の設計変数の中から上記特定の設計変数を決定する設計変数決定手段と、上記性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と上記解析の終了時刻とが一定の関係を満たすように、上記性能評価値算出手段における上記解析の終了時刻を決定する解析終了時刻決定手段とを備えることを特徴としている。

【 0 0 0 7 】

性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と解析の終了時刻とが一定の関係を満たすように解析の終了時刻を決定することで、性能評価値の算出に必要とされない時間に関してまでも長時間の解析を行うことが無くなり、効率の良い解析が可能となる。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の設計変数最適化システムにおいては、上記解析終了時刻決定手段は、上記性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と上記解析の終了時



刻との差が予め定めた一定値となるように、上記解析の終了時刻を決定することを特徴とすることが好適である。

【0009】

性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と解析の終了時刻との差が予め定めた一定値となるように解析の終了時刻を決定することで、解析の終了時刻を容易に決定することができる。

【0010】

また、本発明の設計変数最適化システムにおいては、上記性能評価値算出手段によって行う上記設計対象物に関する解析は、上記設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションであることを特徴とすることが好適である。

【0011】

設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションは、微分方程式の数値解の算出を伴うことが多く、長時間を必要とする場合が多い。従って、本発明の設計変数最適化システムは、特に、設計変数の決定に際して設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションを伴う場合に、設計変数の決定までに必要とされる時間を効率よく短縮することができる。

【0012】

また、上記課題を解決するために、本発明の設計変数最適化方法は、設計変数を変化させることにより性能が変化する設計対象物に関し、一定の評価基準に従って複数の設計変数の中から特定の設計変数を決定する設計変数最適化方法であって、上記複数の設計変数それぞれを用いた場合における上記設計対象物に関する解析を行うとともに、上記解析の結果に基づいて上記複数の設計変数それぞれを用いた場合における上記設計対象物の性能を評価する性能評価値を算出する性能評価値算出ステップと、上記性能評価値算出ステップにおいて算出された複数の性能評価値それぞれと上記一定の評価基準とに基づいて、上記複数の設計変数の中から上記特定の設計変数を決定する設計変数決定ステップと、上記性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と上記解析の終了時刻とが一定の関係を満たすように、上記性能評価値算出ステップにおける上記解析の終了時刻を決定する解析終了時刻決定ステップとを備えることを特徴としている。

## 【 0 0 1 3 】

性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と解析の終了時刻とが一定の関係を満たすように解析の終了時刻を決定することで、性能評価値の算出に必要とされない時間に関してまでも長時間の解析を行うことが無くなり、効率の良い解析が可能となる。

## 【 0 0 1 4 】

また、本発明の設計変数最適化方法においては、上記解析終了時刻決定ステップは、上記性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と上記解析の終了時刻との差が予め定めた一定値となるように、上記解析の終了時刻を決定することを特徴とすることが好適である。

## 【 0 0 1 5 】

性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と解析の終了時刻との差が予め定めた一定値となるように解析の終了時刻を決定することで、解析の終了時刻を容易に決定することができる。

## 【 0 0 1 6 】

また、本発明の設計変数最適化方法においては、上記性能評価値算出ステップにおいて行う上記設計対象物に関する解析は、上記設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションであることを特徴とすることが好適である。

## 【 0 0 1 7 】

設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションは、微分方程式の数値解の算出を伴うことが多く、長時間を必要とする場合が多い。従って、本発明の設計変数最適化システムは、特に、設計変数の決定に際して設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションを伴う場合に、設計変数の決定までに必要とされる時間を効率よく短縮することができる。

## 【 0 0 1 8 】

## 【発明の実施の形態】

本発明の実施形態にかかる設計変数最適化システムについて図面を参照して説明する。まず、本実施形態にかかる設計変数最適化システムの構成について説明する。図 1 は、本実施形態にかかる設計変数最適化システムの構成図である。

## 【0019】

本実施形態にかかる設計変数最適化システム10は、一般的には、設計変数を変化させることにより性能が変化する設計対象物に関し、一定の評価基準に従って複数の設計変数の中から特定の設計変数を決定する設計変数最適化システムであり、より具体的には、例えば、ピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔（設計変数）を変化させることにより、内面衝突安全性能（性能）が変化する自動車のピラー（設計対象物）に関し、当該内面衝突安全性能の評価値であるHIC（d）値が最小となる（一定の評価基準）最適なピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔（特定の設計変数）を決定する設計変数最適化システムである。

## 【0020】

本実施形態にかかる設計変数最適化システム10は、図1に示すように、性能評価値算出部12と、設計変数決定部14と、解析終了時刻決定部16とを備えて構成される。以下、各構成要素について詳細に説明する。

## 【0021】

性能評価値算出部12は、複数の設計変数それぞれを用いた場合における設計対象物に関する解析を行うとともに、当該解析の結果に基づいて上記複数の設計変数それぞれを用いた場合における上記設計対象物の性能を評価する性能評価値を算出する。ここで、当該性能評価値算出部12によって行う上記設計対象物に関する解析は、上記設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションである。

## 【0022】

より具体的には、性能評価値算出部12は、種々のピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔に関する複数の組み合わせそれぞれを用いた場合における自動車のピラーに関する解析を行うとともに、当該解析の結果に基づいて上記種々のピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔に関する複数の組み合わせそれぞれをそれぞれを用いた場合における上記自動車のピラーの性能を評価する性能評価値であるHIC（d）値を算出する。

## 【0023】

すなわち、性能評価値算出部 12 は、まず、設計変数決定部 14 によって設定されたピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせを有する自動車のピラーに人間の頭部が衝突した場合における、時刻  $t$  に当該人間の頭部に生じる加速度  $a(t)$  を算出する。加速度  $a(t)$  は、微分方程式を用いてモデル化された上記自動車のピラーと人間の頭部との衝突現象を数値的に解くこと（シミュレーション）によって算出され、例えば図 2 に示すよう時間的に変化する。ここで、性能評価値算出部 12 は、特に、解析終了時刻決定部 16 によって決定される解析終了時刻  $t_e$  まで、加速度  $a(t)$  の算出を継続する（詳細は後述する）。

【0024】

また、性能評価値算出部 12 は、加速度  $a(t)$  の算出とともに、加速度  $a(t)$  が既に算出されている時間範囲において、式 (1) であらわされる評価量  $f(t_1, t_2)$  を算出する。尚、評価量  $f(t_1, t_2)$  は、一定の条件下 ( $0 < t_2 - t_1 \leq 36 \text{ ms}$ ) で変化させた  $t_1$  と  $t_2$  との種々の組み合わせに対してそれぞれ算出される。

【0025】

【数 1】

$$f(t_1, t_2) = \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right)^{2.5} \times (t_2 - t_1) \quad \dots(1)$$

$$0 < t_2 - t_1 \leq 36 \text{ ms}$$

性能評価値算出部 12 は、さらに、上記評価量  $f(t_1, t_2)$  を用いて、HIC 値を算出する。HIC 値は、式 (2) を用いて算出される。

【0026】

【数 2】

$$HIC = \text{Max} (f(t_1, t_2)) \quad \dots(2)$$

ここで、 $\text{Max}(f(t_1, t_2))$  は、 $t_1$  と  $t_2$  とを変化させた場合の  $f(t_1, t_2)$  の最大値を意味する。ここで、加速度  $a(t)$  が算出されない時間範囲に関しては評価量  $f(t_1, t_2)$  が算出されない。従って、より正確には、 $\text{Max}(f(t_1, t_2))$  は、最終的に加速度  $a(t)$  が算出された時間範囲 ( $0 \leq t \leq t_e$ ) において  $t_1$  と  $t_2$  とを変化させた場合の評価量  $f(t_1, t_2)$  の最大値を意味する。また、ここで、評価量  $f(t_1, t_2)$  が最大となる  $t_1, t_2$ 、すなわち、HIC 値に対応する  $t_1, t_2$  を、特に、 $t_{1h}, t_{2h}$  とする。

【0027】

また、HIC(d) 値は、上記 HIC 値に基づいて、式(3)を用いて算出される。

【0028】

【数3】

$$HIC(d) = 0.75446 \times HIC + 166.4 \quad \dots(3)$$

ここで、HIC(d) 値は、定性的には、人間の頭部にかかる衝撃の大きさを示す値であり、自動車のピラーを設計する際には、HIC(d) 値を一定値以下にすることが望ましい。

【0029】

設計変数決定部14は、性能評価値算出部12において加速度  $a(t)$  及び HIC(d) 値を算出するための複数の設計変数を逐次設定するとともに、性能評価値算出部12によって算出された複数の性能評価値それぞれと一定の評価基準とに基づいて、上記複数の設計変数の中から特定の設計変数を決定する。より具体的には、設計変数決定部14は、性能評価値算出部12において加速度  $a(t)$  及び HIC(d) 値を算出するためのピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔に関して複数の組み合わせを設定するとともに、上記設定されたピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせのもとで上記性能評価値算出部12によって算出された HIC(d) 値が最小となるピラーのリ

ブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせを、最適なピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせとして決定する。

#### 【 0 0 3 0 】

解析終了時刻決定部 1 6 は、性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と、上記解析の終了時刻とが一定の関係を満たすように、性能評価値算出 1 2 における解析の終了時刻を決定し、より詳細には、性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と解析の終了時刻との差が予め定めた一定値となるように、解析の終了時刻を決定する。より具体的には、解析終了時刻決定部 1 6 は、図 2 に示すように、H I C ( d ) 値の算出に必要とされる時間（すなわち H I C 値の算出に必要とされる時間。以下同じ。） $t_{1h} \sim t_{2h}$ の終了時刻 $t_{2h}$ と解析終了時刻 $t_e$ （加速度 $a(t)$ の算出終了時刻）との差が予め定めた一定値 $\Delta t$ となるように、解析終了時刻 $t_e$ を決定する。すなわち、性能評価値算出 1 2 は、上述の如く決定される解析終了時刻 $t_e$ まで、加速度 $a(t)$ の算出を継続することになる。

#### 【 0 0 3 1 】

図 3 を用いて、解析終了時刻 $t_e$ の決定手順をより詳細に説明する。まず、図 3 ( a ) に示すように、加速度 $a(t)$ の算出が時刻 $t_{e1}$ まで進んだ場合を考える。仮に時刻 $t_{e1}$ を解析終了時刻 $t_e$ として H I C ( d ) 値を算出すると、当該 H I C ( d ) 値の算出に必要とされる時間 $t_{1h} \sim t_{2h}$ の終了時刻 $t_{2h}$ と上記時刻 $t_{e1}$ とは等しくなり、H I C ( d ) 値の算出に必要とされる時間 $t_{1h} \sim t_{2h}$ の終了時刻 $t_{2h}$ と解析終了時刻 $t_e$ との差が予め定めた一定値 $\Delta t$ とはならない。従って、時刻 $t_{e1}$ は解析終了時刻 $t_e$ とはならず、性能評価値算出部 1 2 は、加速度 $a(t)$ の算出をさらに継続する。

#### 【 0 0 3 2 】

続いて、図 3 ( b ) に示すように、加速度 $a(t)$ の算出がさらに時刻 $t_{e2}$ まで進んだ場合を考える。仮に時刻 $t_{e2}$ を解析終了時刻 $t_e$ として H I C ( d ) 値を算出すると、当該 H I C ( d ) 値の算出に必要とされる時間 $t_{1h} \sim t_{2h}$ の終了時刻 $t_{2h}$ は上記時刻 $t_{e2}$ よりも小さくなるが、H I C ( d ) 値の算出に必要とされる時間 $t_{1h} \sim t_{2h}$ の終了時刻 $t_{2h}$ と解析終了時刻 $t_e$ との差は、未だ、予め定

めた一定値  $\Delta t$  よりも小さい。従って、時刻  $t_{e2}$  は解析終了時刻  $t_e$  とはならず、性能評価値算出部 12 は、加速度  $a(t)$  の算出をさらに継続する。

#### 【0033】

続いて、図 3 (c) に示すように、加速度  $a(t)$  の算出がさらに時刻  $t_{e3}$  まですんだ場合を考える。仮に時刻  $t_{e3}$  を解析終了時刻  $t_e$  として HIC (d) 値を算出すると、当該 HIC (d) 値の算出に必要とされる時間  $t_{1h} \sim t_{2h}$  の終了時刻  $t_{2h}$  は上記時刻  $t_{e3}$  よりも  $\Delta t$  だけ小さくなり、HIC (d) 値の算出に必要とされる時間  $t_{1h} \sim t_{2h}$  の終了時刻  $t_{2h}$  と解析終了時刻  $t_e$  との差が予め定められた一定値  $\Delta t$  と等しくなる。従って、解析終了時刻決定部 16 は、上記時刻  $t_{e3}$  を解析終了時刻  $t_e$  と決定し、性能評価値算出部 12 は、上記時刻  $t_{e3}$  の時点で、加速度  $a(t)$  の算出を終了する。

#### 【0034】

続いて、本実施形態にかかる設計変数最適化システムの動作について説明し、併せて、本発明の実施形態にかかる設計変数最適化方法について説明する。図 4 は、本実施形態にかかる設計変数最適化システム 10 の動作を示すフローチャートである。本実施形態にかかる設計変数最適化システム 10 においては、まず、設計変数決定部 14 により、性能評価値算出部 12 において加速度  $a(t)$  及び HIC (d) 値を算出するための設計変数が設定される (S12)。より具体的には、性能評価値算出部 12 において加速度  $a(t)$  及び HIC (d) 値を算出するためのピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔に関する 1 つの組み合わせが設定される。

#### 【0035】

続いて、性能評価値算出部 12 により、上記設定された設計変数を用いた場合における設計対象物に関する解析が行われる (S14)。ここで、上記設計対象物に関する解析は、上記設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションである。より具体的には、設計変数決定部 14 によって設定されたピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせを有する自動車のピラーに人間の頭部が衝突した場合における、時刻  $t$  に当該人間の頭部に生じる加速度  $a(t)$  が算出される。加速度  $a(t)$  は、微分方程式を用いてモデル化された

上記自動車のピラーと人間の頭部との衝突現象を数値的に解くこと（シミュレーション）によって算出される。

【 0 0 3 6 】

性能評価値算出部 1 2 による加速度  $a(t)$  の算出は、解析終了時刻決定部 1 6 によって決定される解析終了時刻  $t_e$  まで行われる（S 1 6）。すなわち、未だ解析終了時刻  $t_e$  にならないときは、性能評価値算出部 1 2 による加速度  $a(t)$  の算出が継続される。一方、解析終了時刻  $t_e$  になったときは、性能評価値算出部 1 2 による加速度  $a(t)$  の算出が終了する。

【 0 0 3 7 】

解析終了時刻決定部 1 6 による解析終了時刻  $t_e$  の決定は、以下に示すように行われる。すなわち、図 2 に示すように、H I C (d) 値の算出に必要とされる時間  $t_{1h} \sim t_{2h}$  の終了時刻  $t_{2h}$  と解析終了時刻  $t_e$  (加速度  $a(t)$  の算出終了時刻) との差が予め定めた一定値  $\Delta t$  となるように、解析終了時刻  $t_e$  が決定される。

【 0 0 3 8 】

解析終了時刻  $t_e$  は、より詳細には、以下に示すように決定される。まず、図 3 (a) に示すように、加速度  $a(t)$  の算出が時刻  $t_{e1}$  まで進んだ場合を考える。仮に時刻  $t_{e1}$  を解析終了時刻  $t_e$  として H I C (d) 値を算出すると、当該 H I C (d) 値の算出に必要とされる時間  $t_{1h} \sim t_{2h}$  の終了時刻  $t_{2h}$  と上記時刻  $t_{e1}$  とは等しくなり、H I C (d) 値の算出に必要とされる時間  $t_{1h} \sim t_{2h}$  の終了時刻  $t_{2h}$  と解析終了時刻  $t_e$  との差が予め定めた一定値  $\Delta t$  とはならない。従って、時刻  $t_{e1}$  は解析終了時刻  $t_e$  とはならない。

【 0 0 3 9 】

続いて、図 3 (b) に示すように、加速度  $a(t)$  の算出がさらに時刻  $t_{e2}$  まで進んだ場合を考える。仮に時刻  $t_{e2}$  を解析終了時刻  $t_e$  として H I C (d) 値を算出すると、当該 H I C (d) 値の算出に必要とされる時間  $t_{1h} \sim t_{2h}$  の終了時刻  $t_{2h}$  は上記時刻  $t_{e2}$  よりも小さくなるが、H I C (d) 値の算出に必要とされる時間  $t_{1h} \sim t_{2h}$  の終了時刻  $t_{2h}$  と解析終了時刻  $t_e$  との差は、未だ、予め定めた一定値  $\Delta t$  よりも小さい。従って、時刻  $t_{e2}$  も解析終了時刻  $t_e$  とはならな



い。

#### 【 0 0 4 0 】

続いて、図 3 (c) に示すように、加速度  $a(t)$  の算出がさらに時刻  $t_{e3}$  まで進んだ場合を考える。仮に時刻  $t_{e3}$  を解析終了時刻  $t_e$  として H I C (d) 値を算出すると、当該 H I C (d) 値の算出に必要とされる時間  $t_{1h} \sim t_{2h}$  の終了時刻  $t_{2h}$  は上記時刻  $t_{e3}$  よりも  $\Delta t$  だけ小さくなり、H I C (d) 値の算出に必要とされる時間  $t_{1h} \sim t_{2h}$  の終了時刻  $t_{2h}$  と解析終了時刻  $t_e$  との差が予め定めた一定値  $\Delta t$  と等しくなる。従って、上記時刻  $t_{e3}$  が解析終了時刻  $t_e$  と決定される。

#### 【 0 0 4 1 】

また、解析終了時刻  $t_e$  が決定されると、性能評価値算出部 1 2 により、上記設定されたピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔に関する 1 つの組み合わせについての、H I C (d) 値が算出される (S 1 8)。ここで、H I C (d) 値の算出の基礎とされる評価量  $f(t_1, t_2)$  は、上記加速度  $a(t)$  の算出とともに逐次算出されているため、H I C (d) 値は、既に算出されている当該評価量  $f(t_1, t_2)$ 、及び、上述の式 (2)、(3) を用いて算出される。

#### 【 0 0 4 2 】

上記設定変数の設定 (S 1 2) から H I C (d) 値の算出 (S 1 8) までのステップは、ピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせである設計変数を様々に変化させ、複数の設計変数について行われる。

#### 【 0 0 4 3 】

考慮すべき範囲のすべての設計変数に関して上記設定変数の設定 (S 1 2) から H I C (d) 値の算出 (S 1 8) までのステップが終了すると (S 2 0)、設定変数決定部 1 4 により、上記設定されたピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の複数の組み合わせのもとで上記性能評価値算出部 1 2 によって算出された H I C (d) 値が最小となるピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせが、最適なピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせとして決定される (S 2 2)。

## 【0044】

続いて、本実施形態にかかる設計変数最適化システムの作用及び効果について説明する。本実施形態にかかる設計変数最適化システム10は、HIC(d)値の算出に必要とされる時間 $t_{1h} \sim t_{2h}$ の終了時刻 $t_{2h}$ と解析終了時刻 $t_e$ とが一定の関係を満たすように解析終了時刻 $t_e$ を決定する。従って、HIC(d)値の算出に必要とされない時間に関してまでも長時間の解析(加速度 $a(t)$ の算出)を行うことが無くなり、効率の良い解析が可能となる。その結果、最適な設計変数(ピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせ)を、短時間で決定することが可能となる。

## 【0045】

また、本実施形態にかかる設計変数最適化システム10は、特に、HIC(d)値の算出に必要とされる時間 $t_{1h} \sim t_{2h}$ の終了時刻 $t_{2h}$ と解析終了時刻 $t_e$ との差が予め定めた一定値 $\Delta t$ となるように解析終了時刻 $t_e$ を決定する。従って、解析終了時刻 $t_e$ を容易に決定することができる。その結果、利便性が高まる。

## 【0046】

また、設計変数の決定に際して設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションが必要とされる場合、当該時間的挙動に関するシミュレーションは微分方程式の数値解の算出を伴うことが多く、長時間を必要とする場合が多い。本実施形態にかかる設計変数最適化システム10は、特に、上述の如く設計変数の決定に際して設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションを伴う場合(例えば上記自動車のピラーを設計する場合)に、設計変数の決定までに必要とされる時間を効率よく短縮することができる。

## 【0047】

また、上記実施形態にかかる設計変数最適化システム10は、特に、HIC(d)値の算出に必要とされる時間 $t_{1h} \sim t_{2h}$ の終了時刻 $t_{2h}$ と解析終了時刻 $t_e$ との差が予め定めた一定値 $\Delta t$ となるように解析終了時刻 $t_e$ を決定していたが、他の基準によって、解析終了時刻 $t_e$ を決定してもよい。例えば、HIC(d)値の算出に必要とされる時間 $t_{1h} \sim t_{2h}$ の終了時刻 $t_{2h}$ と解析終了時刻 $t_e$ と

の比 ( $t_{2h}/t_e$ ) が一定値  $K$  ( $K > 1$ ) となるように解析終了時刻  $t_e$  を決定してもよい。

#### 【0048】

また、上記実施形態にかかる設計変数最適化システム 10 においては、性能評価値算出部 12 が、解析終了時刻決定部 16 から、直接、解析終了時刻  $t_e$  を受け取り、当該解析終了時刻  $t_e$  の時点で加速度  $a(t)$  の算出を終了していたが、これは、図 5 に示すような設計変数最適化システム 20 としてもよい。すなわち、設計変数最適化システム 20 は、設計変数決定部 24 が解析終了時刻決定部 26 によって決定される解析終了時刻  $t_e$  を受け取り、設計変数決定部 24 が、性能評価値算出部 22 における加速度  $a(t)$  の解析終了時刻  $t_e$  を制御する。設計変数最適化システム 20 も上記設計変数最適化システム 10 と同様に、最適な設計変数（ピラーのリブ厚、ピラーの外壁厚、ピラーのリブ間隔の組み合わせ）を、短時間で決定することが可能となる。

#### 【0049】

また、上記実施形態にかかる設計変数最適化システム 10 は、自動車のピラーを設計するための設計変数最適化システムであったが、本発明の設計変数最適化システムは、設計変数を変化させることにより性能が変化するあらゆる設計対象物に関し、一定の評価基準に従って複数の設計変数の中から特定の設計変数を決定する場合に適用可能である。

#### 【0050】

##### 【発明の効果】

本発明の設計変数最適化システム及び設計変数最適化方法は、性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と解析の終了時刻とが一定の関係を満たすように解析の終了時刻を決定する。従って、性能評価値の算出に必要とされない時間に関してまでも長時間の解析を行うことが無くなり、効率の良い解析が可能となる。その結果、短時間で設計変数を決定することが可能となる。

#### 【0051】

また、本発明の設計変数最適化システム及び設計変数最適化方法においては、性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と解析の終了時刻との差が予め

定めた一定値となるように解析の終了時刻を決定することで、解析の終了時刻を容易に決定することができる。その結果、利便性が高まる。

【 0 0 5 2 】

また、本発明の設計変数最適化システム及び設計変数最適化方法は、特に、設計変数の決定に際して設計対象物に関する時間的挙動に関するシミュレーションを伴う場合に、設計変数の決定までに必要とされる時間を効率よく短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

設計変数最適化システムの構成図である。

【図 2】

加速度  $a(t)$  の時間変化を示す図である。

【図 3】

解析終了時刻  $t_e$  の決定手順を示す図である。

【図 4】

設計変数最適化システムの動作を示すフローチャートである。

【図 5】

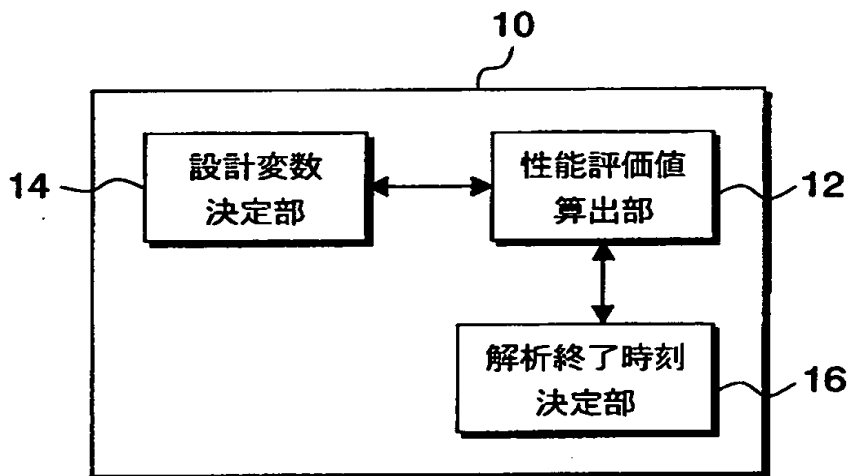
設計変数最適化システムの構成図である。

【符号の説明】

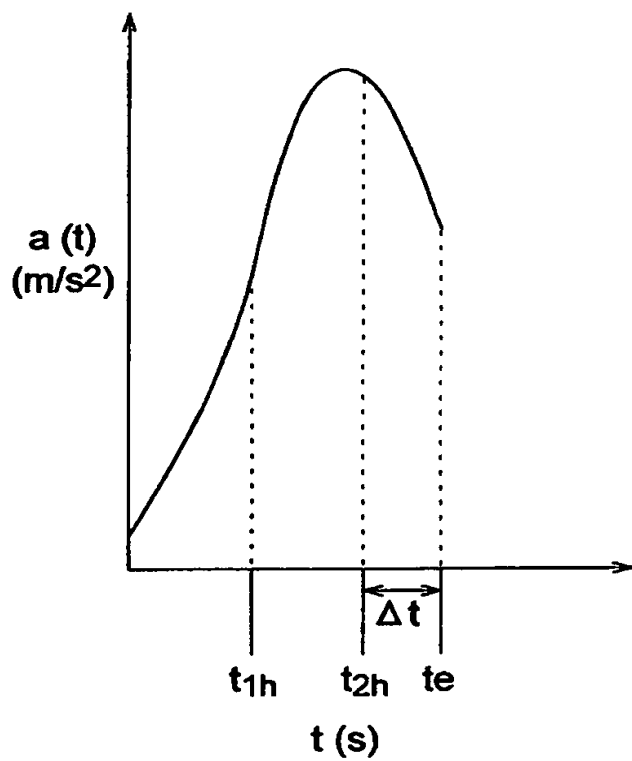
1 0、2 0…設計変数最適化システム、1 2，2 2…性能評価値算出部、1 4，2 4…設計変数決定部、1 6，2 6…解析終了時刻決定部

【書類名】 図面

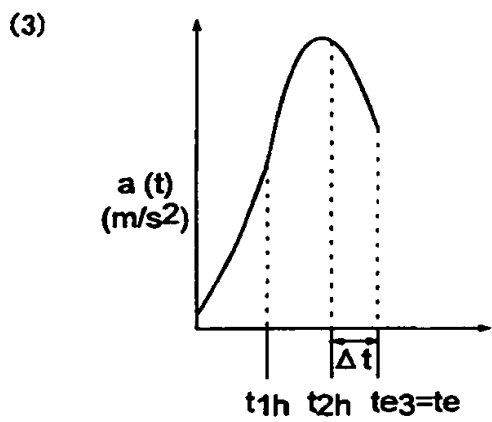
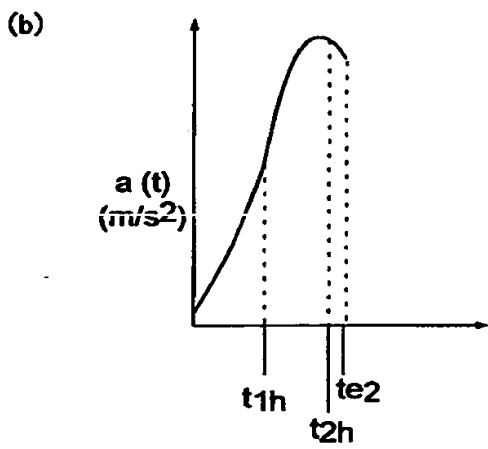
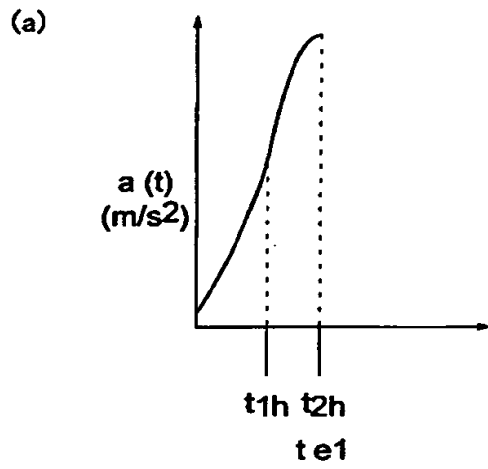
【図 1】



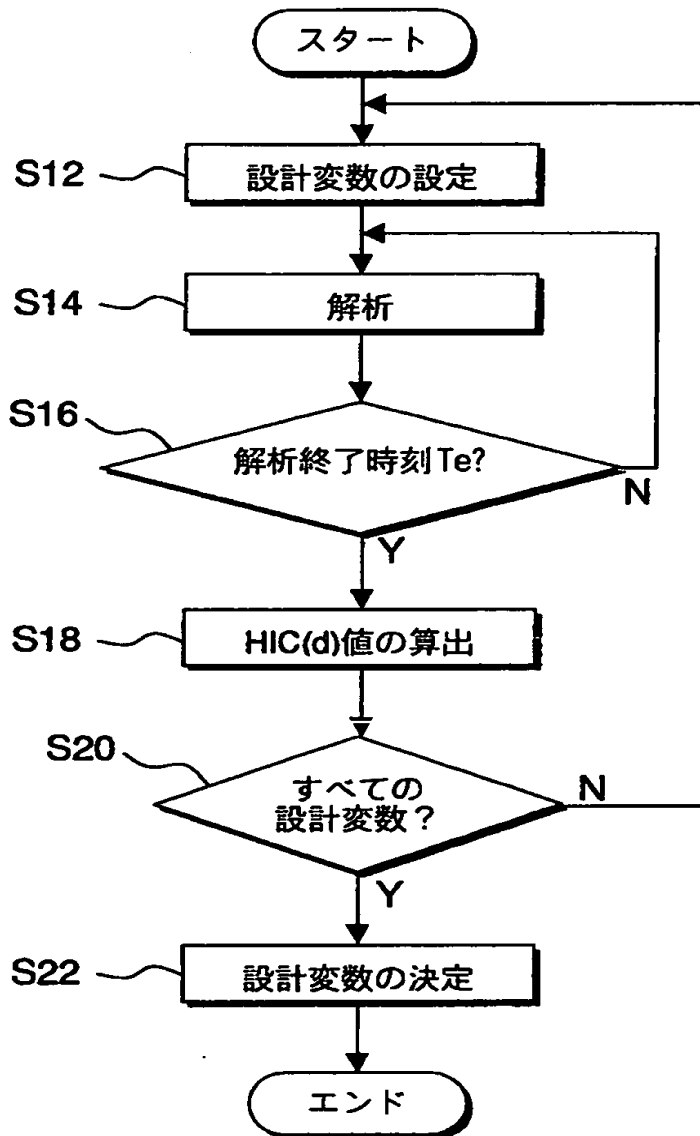
【図 2】



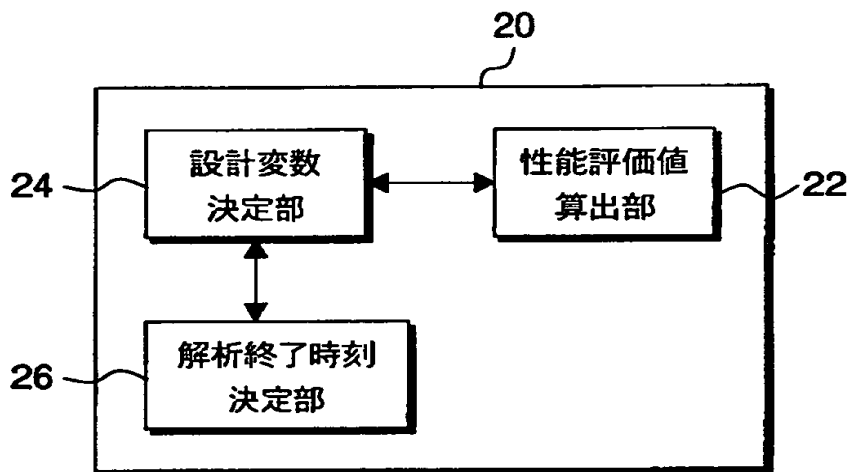
【図 3】



【図4】



【図5】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短時間で設計変数を決定することができる設計変数最適化システムを提供する。

【解決手段】 設計変数最適化システム 1 0 は、複数の設計変数それぞれを用いた場合における設計対象物に関する解析を行うとともに、解析の結果に基づいて上記複数の設計変数それぞれを用いた場合における上記設計対象物の性能を評価する性能評価値を算出する性能評価値算出部 1 2 と、性能評価値算出部 1 2 によって算出された複数の性能評価値それぞれと一定の評価基準とに基づいて、上記複数の設計変数の中から最適な設計変数を決定する設計変数決定部 1 4 と、上記性能評価値の算出に必要とされる時間の終了時刻と上記解析の終了時刻との差が予め定めた一定値となるように、上記性能評価値算出部 1 2 における上記解析の終了時刻を決定する解析終了時刻決定部 1 6 とを備えて構成される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002093]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
氏 名	住友化学工業株式会社